图书情报工作
第66卷 第3期 2022年2月

基于档案文献的清代祭祀礼器知识图谱构建研究*

■ 宋雪雁 张伟民 张祥青
吉林大学管理学院 长春 130022

摘 要：[目的/意义]我国祭祀文化历史悠久，可追溯至先秦时代，祭祀礼器承担祭祀者的信仰，本研究基于《钦定大清会典图》和《皇朝礼器图式》构建清代祭祀礼器知识图谱，可以加快清代档案文献的数字化开发进程，解决清代祭祀相关档案文献分散、利用困难的局面。[方法/过程]本研究采用知识图谱相关方法，通过知识建模构建清代祭祀礼器本体模型，利用知识获取整理并抽取《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》中实体、属性、关系，将清代祭祀礼器知识以RDF三元组进行知识表示，对不同来源清代祭祀礼器知识进行知识融合，最后利用RDF数据模型存储清代祭祀礼器知识，构建清代祭祀礼器知识图谱，通过检索知识图谱进行知识发现。[结果/结论]研究发现，知识图谱可视化可以清晰呈现清代祭祀礼器间的知识关联；利用SPARQL查询发现清代祭祀礼器颜色有特定含义，且这些颜色与祭祀地点存在间接联系。

关键词：清代 祭祀礼器 知识图谱 档案文献
分类号：G255.1 G273
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2022.03.015

祭祀礼器作为古代贵族在举行祭祀活动中使用的器物，象征着使用者的权利和身份，承载了祭祀者对天神、地祇、先祖的虔诚之心，成为古人寄托信仰的主要载体之一，因而祭祀礼器的形状、尺寸、纹饰、材质都需顺应天时、地利、人和。祭祀礼器自原始社会产生，经奴隶社会至封建社会，发生极大改变。商周时以玉器、青铜器为主，进入秦汉后青铜器逐渐退出历史舞台，封建社会末期的清朝发展为以玉器、瓷器、木器、铜器为主。清代作为中国历史上最后一个封建王朝，留存了诸多与祭祀礼器相关且较为完备的档案文献，对反映清代祭祀文化乃至社会制度具有深刻意义。

在信息技术飞速发展的时代，档案文献资源开发越来越离不开计算机技术，人文工作者将关联数据、知识图谱、地理信息系统、国际图像互操作框架等数字人文相关技术引入图情档领域并取得丰硕成果。本研究以《钦定大清会典图》《皇朝礼器图式》等清代档案文献资源为研究对象，利用知识图谱相关技术方法对清代祭祀礼器进行知识化开发。

1 文献回顾

1.1 基于文献知识化开发的本体与知识图谱相关研究

随着语义技术不断发展，语义本体和知识图谱理论与应用研究日益成熟，基于文献的知识化开发成为图情档领域关注的焦点，利用本体与知识图谱良好的语义表达能力、知识推理能力、数据关联等能力，可以促进领域知识整合、隐性知识开发、资源跨界共享与重组。

（1）知识图谱理论研究方面，陈涛等学者辨析知识地图、知识图谱和图数据库概念，认为基于文献计量的知识地图不能称为知识图谱，基于关联数据的语义知识图谱才是真正意义上的知识图谱，而基于图数据库的知识图谱是广义知识图谱[1]；曹倩详细阐述了知识图谱技术的实现流程、关键技术和应用进展[2]；袁满融合了国内外元数据和本体标准，提出了知识图谱构建的五层标准体系，避免出现“知识孤岛”[3]。

（2）本体研究方面，朱妍昕等基于FAIR原则，利用protégé建模工具构建循证医学文献本体，有利于更好地组织、利用和呈现文献内部特征，促进相关数据库和语义网的发展[4]；何琳等运用自然语言处理技术探讨了先秦典籍的本体构建方法，提出一套本体实例自动获取方法，并以《左传》为例进行验证[5]；李跃艳等利用语义网技术，基于历史事件文本构建历史事件本体模型，并以此设计检索系统[6]，提高历史文本利用效率。

* 本文系国家社会科学基金项目“数据驱动的档案文献资源知识构建与知识服务研究”（项目编号：21BTQ109）研究成果之一。
作者简介：宋雪雁，教授，博士生导师，E-mail：songxueyan@126.com；张伟民，博士研究生；张祥青，博士研究生。
收稿日期：2021-07-07 修回日期：2021-09-09 本文起止页码：140-151 本文责任编辑：杜杏叶

（3）知识图谱应用研究方面，欧阳剑从模型层、需求层、应用层3部分构建了典籍知识图谱，较为全面、系统的描述了中国历代主要典籍书目信息[7]；周莉娜等基于唐诗知识图谱构建KnowPoetry唐诗知识服务平台，实现知识探索、语义检索、时空轨迹等功能[8]；Y. T. Wei等基于唐诗文本人工构建分类词表，并与现代汉语描述、注释结合，构建中国古典诗歌知识图谱，并应用于推理和分析[9]；丁恒等基于知识图谱与本体检索设计并实现了标准文献知识服务系统，提高标准文献信息服务质量[10]；S. Liu等基于结构化、半结构化与非结构化历史文本数据，利用知识抽取、知识融合、可视化等技术，构建中国古代历史文化知识图谱[11]。

（4）图像资源领域，学者们引入国际图像互操作框架（IIIF），并与知识图谱关联，使知识图谱在语义检索、资源共享等领域不断取得新的突破，如陈涛、张永娟等提出图像资源语义化框架[12]，将语义知识图谱与IIIF结合，实现图像资源整合、共享和基于图像特征的语义检索、知识发现[13]，促进了图档博领域图像资源的开放与关联，为本研究清代祭祀礼器图像资源关联提供新思路。

借鉴上述研究成果，本研究按照知识建模、知识获取、知识表示、知识融合、知识存储等知识图谱的构建流程，利用统一资源定位符与资源描述框架（Resource Description Framework，RDF）构建基于关联数据的语义知识图谱，并通过前端框架、后端查询端点模拟知识图谱可视化与检索应用。

1.2 清代祭祀礼器相关研究

清代祭祀礼器相关研究集中在国内，但与之直接相关的研究较少，较多学者关注“礼器”“祭祀”等间接相关研究。张珂从礼乐观角度探究清朝乐器蕴含的社会观念[14]；杨柳粤从清代瓷质礼器造型、釉色、器物组合与儒家文化等角度剖析设计理念，探究其对现代瓷器设计的借鉴意义[15]；高纪洋深入论述了古代器皿造型样式的演变轨迹、影响因素，构建了一系列谱系图[16]；房秋实从《大清通礼》《大清律例》视角探究清代祭祀礼法规范[17]；X. L. Jiang分析《钦定满洲祭神祭天典礼》文本语境，考察不同版本文献记载的满族祭祀礼仪，探索清代统治者对萨满祭礼的态度[18]。

通过上述研究可以看出，清代祭祀礼器相关研究均从人文角度出发，数字化、知识化研究相对薄弱。无论探究清代祭祀礼法还是器物形制，亦或是社会观念，多采用定性研究方式，难以对祭祀礼器进行全面而细粒度的研究，而数字人文相关技术的引入打破了传统研究方式受信息数量与精度影响的局限，因此，本研究整合《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》中不同类型清代祭祀礼器知识，应用知识图谱相关技术方法，解决清代祭祀礼器相关档案文献知识分散、利用困难的局面，为用户了解清代祭祀礼器，利用相关档案提供便利。

2 数据来源及研究设计

2.1 数据来源

本研究数据来源以《钦定大清会典图》和《皇朝礼器图式》记载内容为主。《大清会典》共五部，分五次编修，本研究所参考《钦定大清会典图》为第五次编纂成果，由昆冈等人奉敕编撰，光绪二十五年完成，记录了祀典、祭器、朝会、燕飨、乐律、乐器、乐舞等内容，是对《大清会典》相关内容的附图说明，全书共四十函、二百七十卷，共缺失二十二卷，本研究主要利用卷二十一至卷二十五祭器部分；《皇朝礼器图式》由清代允禄、蒋溥等人纂修，记录了祭器、仪器、冠服、乐器、卤簿、武备等内容，图文并茂，共十八卷，本研究参考卷一、卷二祭器部分。为保证清代祭祀礼器知识图谱构建的完整性与准确性，本研究还参考《钦定大清会典》（四库全书版）卷三十六至卷五十吉礼部分以及其他相关档案文献。

2.2 研究设计

本研究基于《钦定大清会典图》和《皇朝礼器图式》，利用知识图谱相关理论和技术，构建清代祭祀礼器知识图谱。研究思路见图1，清代祭祀礼器知识图谱逻辑上可划分为概念层和数据层，概念层是清代祭祀礼器知识图谱的基础，通过知识建模构建清代祭祀礼器本体，对概念层进行表达和存储；清代祭祀礼器知识图谱数据层则是概念层的实例化，通过知识获取、知识表示、知识融合、知识存储构建数据层。

首先，通过知识获取整合《钦定大清会典图》和《皇朝礼器图式》中祭祀礼器相关文本内容，抽取祭祀礼器知识，表示为结构化数据，包括清代祭祀礼器实体抽取、属性抽取、关系抽取。

随后，将知识获取过程中抽取的清代祭祀礼器实体、属性、关系通过RDF表示为计算机易于理解与学习的形式，对清代祭祀礼器知识进行细粒度的表达。

然后，将《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》中蕴含的以及相关的其他外部知识进行融合。

最后，将清代祭祀礼器知识图谱存储于RDF数据库。应用层对清代祭祀礼器知识图谱可视化，设置服

务器查询端点(Endpoint),设计并模拟清代祭祀礼器知识图谱检索功能,进行知识发现。

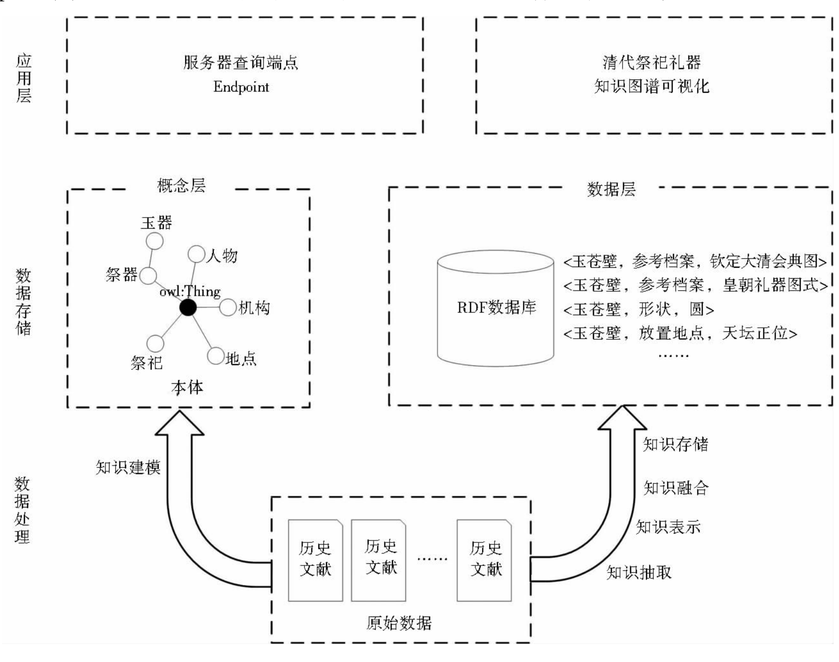


图 1　研究思路

2.3　研究工具

本研究在知识建模阶段使用 TopBraid Composer 工具进行本体建模,构建清代祭祀礼器本体的类、属性及关系,添加实例,进行实体关联。与其他工具如 protégé 相比,TopBraid Composer 同时支持本体描述语言与概念层次上建模,受众更加广泛,且底层数据存储更加简洁规范,更符合 W3C 语义 Web 标准。

清代祭祀礼器知识图谱检索与可视化均基于 Apache Jena Fuseki 服务器。Fuseki 是 Jena 提供的、支持知识图谱 SPARQL 查询语言的服务器,可用于知识图谱存储、管理与检索,本研究通过 Fuseki 服务器设置知识图谱查询端点(SPARQL Endpoint),一方面模拟清代祭祀礼器知识图谱检索功能,另一方面,利用 python 工具实现前后端数据的互联,结合 Web 前端技术实现知识图谱可视化。

3　清代祭祀礼器知识图谱构建

3.1　知识建模

知识建模是构建清代祭祀礼器知识图谱概念层的过程,即构建清代祭祀礼器本体模型,是清代祭祀礼器知识图谱构建与应用的基础。该本体是依据《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》构建的,祭祀礼器形制、颜色、尺寸等属性数据均来自其记载,能够保证清代祭祀礼器知识图谱的可靠性,既适用于对清代祭祀礼器有利用需求的用户,也适用于对相关档案内容有需求的用户。为保证本体模型的准确性,本研究结合手工建模方式与“七步法”构建清代祭祀礼器本体模型。

(1)确定清代祭祀礼器知识图谱本体范围。以《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》为主要参考文献,以清代祭祀活动中使用的礼器为研究对象。

(2)查找可复用本体。复用即通过本体构建者提供的 URI 对本体中类或属性进行引用,本研究通过本体服务中心检索本研究涉及的类和属性,检索结果显示,Foaf(Friend of a Friend)、Time Ontology 以及上海图书馆家谱本体中存在可复用概念,可复用类包括“Organization”“Person”“TemporalEntity”“Interval”“Instant”,可复用属性包括“firstName”“lastName”“courtesyName”“inXSDDate”等,通过复用现有本体相关概念,一方面减少相关概念的重复定义,避免概念分歧,提高清代祭祀礼器本体的质量,另一方面促进清代祭祀礼器本体与外部本体的语义关联,推动知识共享进程。

(3)列举清代祭祀礼器本体重要元素。根据《钦定大清会典图》和《皇朝礼器图式》可概括出清代祭祀礼器具有颜色、形状、尺寸、材质、纹理等重要数据属性以及祭祀时礼器放置地点、祭祀对象、使用祭祀等对象属性。

(4)定义清代祭祀礼器本体分类体系。根据梳理完成的元素,对其进行分类,确定清代祭祀礼器所涉及的类及类的父子关系,建立类的层级关系一般包括自顶向下和自底向上两种途径,本研究采用自顶向下的

宋雪雁，张伟民，张祥青.基于档案文献的清代祭祀礼器知识图谱构建研究[J].图书情报工作,2022,66(3):140－151.

方法，从清代祭祀礼器顶层概念出发，逐步细化形成条理的分类体系，在默认"owl:Thing"类下设"祭器""地点""档案文献""祭祀""人物""机构""时间实体"七类，其中"祭器"按照材质分为"玉器""丝帛""木器"等七类，"祭祀"依据《钦定大清会典》将其分为"大祀""中祀"和"群祀"，"人物"以是否历史真实存在为依据进行划分，"机构"依据成立时间进行细分，而"时间实体"则复用 Time 本体中"时间段"和"时间点"（见表1），通过构建清代祭祀礼器本体二级分类体系，将现实事物抽象为概念，使清代祭祀礼器本体更好的通过符号反映现实世界。

表1　清代祭祀礼器本体分类体系

一级类目	label	二级类目	label
RitualVessels	祭器	JadeWare	玉器
		Silk	丝帛
		Woodware	木器
		BambooWare	竹器
		CopperWare	铜器
		Porcelain	瓷器
		GoldWare	金器
Place	地点	－	－
Archive	档案文献	－	－
Sacrifice	祭祀	BigSacrifice	大祀
		MediumSacrifice	中祀
		SmallSacrifice	群祀
Person	人物	RealPerson	真实人物
		VirtualPerson	神话人物
Organization	机构	AncientOrganization	古代机构
		ModernOrganization	现代机构
TemporalEntity	时间实体	Interval	时间段
		Instant	时间点

（5）定义清代祭祀礼器本体属性及关系。在定义礼器类的基础上，对类拥有的数据属性（Datatype Property）和类与类之间的关系即对象属性（Object Property）定义，定义清代祭祀礼器本体数据属性以丰富对实例的特征描述，一方面便于用户了解清代祭祀礼器知识图谱相关实例特点，另一方面可以辅助语义检索；而对象属性的定义则建立实例与实例间的联系，以支持清代祭祀礼器知识图谱关联检索、知识推荐与知识发现。本研究中主要对祭器、档案文献等类的属性进行定义，数据属性包括名称（name）、图像（image）、形状（shape）、材质（materials）、纹饰（decoration）、颜色（color）、尺寸（size）等，对象属性包括放置地点（placedAt）、保管机构（savedAt）、祭祀地点（heldIn）、参考（referTo）、下位概念（subConceptOf）等。

（6）定义清代祭祀礼器本体约束条件。约束条件是限制属性的定义域（domain）和值域（range），即陈述主体和客体，数据属性约束条件见表2，其中"名称""别称""图像""描述"作为通用数据属性，主体设为"owl:Thing"，可以为所有类使用，避免对相同属性重复定义，其余主体均为相关类，值域一般为字符串类型，部分大文本以及不适合文本表示如图像等的属性值域设为 URI，通过 URI 进行资源定位，以便存储多媒体资源，减少对清代祭祀礼器知识图谱的存储要求，并促进不同来源数据的互联共享，时间实体相关属性设为相应时间数据类型；对象属性约束条件见表3，其中"下位概念""等同关系""参考文献""时间"主体设为"owl:Thing"，即关系的主体可以是任意类，"下位概念""等同关系"客体为"owl:Thing"，即关系的客体可以是任意类，其余对象属性均限制了特定的类作为关系的主体和客体。通过对清代祭祀礼器本体数据属性和对象数据的定义域和值域进行约束，减少属性添加的随意性，保证知识图谱清晰、可阅读，便于清代祭祀礼器本体复用与重写，同时使清代祭祀礼器知识图谱更真实的反映现实世界。

（7）建立清代祭祀礼器本体。根据定义的清代祭祀礼器本体类和属性，利用 TopBraid Composer 本体建模工具，基于 RDF、RDFs、OWL 等数据模型，创建相关类和属性，并存储为人类易读、机器可读的 turtle 格式，本体结构见图2，深色背景的属性和节点为复用的外部属性和类，较浅色背景的属性和节点为自定义属性和类，"Thing"节点为顶级类节点。

3.2　知识获取

本研究所参考的档案文献多为数字化后图像格式，图3为《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》中关于祭器"玉苍璧"的图片，通过对比发现，《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》的编纂采用不同分类方式，前者以祭祀礼器种类为分类标准，对同一类祭器形制的描述又因地点或祭祀而异，而后者则以"地点－礼器"为分类标准，并根据相关典籍阐释礼器名称、形制所蕴含的意义以及部分礼器的沿革，相较而言《钦定大清会典图》记录祭祀礼器更加全面，《皇朝礼器图式》则针对某一具体礼器的描述更详尽。

数字化后的档案文献图像属于非结构化数据，结构不规则，没有预先定义的元数据，数据处理难度大，因此本研究将图像转录成文本格式，按照清代祭祀礼器本体模型定义的类和属性抽取文本数据中实体、属性和关系。尽管学者们基于机器学习、自然语言处理

表 2 数据属性约束条件

DatatypeProperty	Label	Domain	Range
name	名称	Thing	xsd:string
otherName	别称	Thing	xsd:string
image	图像	Thing	xsd:anyURI
description	描述	Thing	xsd:string
shape	形状	RitualVessels	xsd:string
materials	材质	RitualVessels	xsd:string
decoration	纹饰	RitualVessels	xsd:string
color	颜色	RitualVessels	xsd:string
size	尺寸	RitualVessels	xsd:string
symbol	释义	RitualVessels	xsd:string
history	沿革	RitualVessels	xsd:string
function	用途	RitualVessels	xsd:string
title	题名	Archive	xsd:string
fontFamily	字体	Archive	xsd:string
archiveCode	档号	Archive	xsd:string
retentionPeriod	保管期限	Archive	xsd:string
abstract	摘要	Archive	xsd:string
content	内容	Archive	xsd:anyURI
fileForm	保存形式	Archive	xsd:string
fileFormat	文件格式	Archive	xsd:string
fileCarrier	载体	Archive	xsd:string
purpose	目的	Sacrifice	xsd:string
firstName	名字	Person	xsd:string
lastName	姓氏	Person	xsd:string
governmentPost	职位	Person	xsd:string
peerage	爵位	Person	xsd:string
courtesyName	字	Person	xsd:string
reignTitle	年号	Person	xsd:string
posthumousTitle	谥号	Person	xsd:string
pseudonym	号	Person	xsd:string
dynasticTitle	庙号	Person	xsd:string
gender	性别	Person	xsd:string
inXSDDate	日期(YYYY-MM-DD)	Instant	xsd:date
inXSDDateTime	日期和时间值(YYYY-MM-DDThh:mm:ss)	Instant	xsd:dateTime
inXSDgYear	年份(YYYY)	Instant	xsd:gYear
inXSDgYearMonth	年-月(YYYY-MM)	Instant	xsd:gYearMonth
inXSDgMonth	月份(MM)	Instant	xsd:gMonth
inXSDgDay	天(DD)	Instant	xsd:gDay
inXSDgMonthDay	月-天(MM-DD)	Instant	xsd:gMonthDay
inXSDTime	时间值(hh:mm:ss)	Instant	xsd:time

表 3 对象属性约束条件

ObjectProperty	Label	Domain	Range
subConceptOf	下位概念	Thing	Thing
equalTo	等同关系	Thing	Thing
placedAt	放置地点	RitualVessels	Place
savedAt	保管机构	RitualVessels/Archive	Organization
usedBy	用于…祭祀	RitualVessels	Sacrifice
heldIn	祭祀地点	Sacrifice	Place
sacrificeObject	祭祀对象	Sacrifice/Place	Person
sacrificePerson	祭祀者	Sacrifice	Person
location	地址	Organization	Place
author	责任者	Archive	Person
createdBy	形成机构	Archive	Organization
referTo	参考档案	Thing	Archive
birthplace	出生地	Person	Place
birthday	生于	Person	TemporalEntity
deathDay	卒于	Person	TemporalEntity
knows	认识	Person	Person
memberOf	隶属	Person	Organization
parent	父母	Person	Person
spouse	配偶	Person	Person
hasTime	时间	Thing	TemporalEntity
hasBeginning	起始时间	TemporalEntity	Instant
hasEnd	终止时间	TemporalEntity	Instant

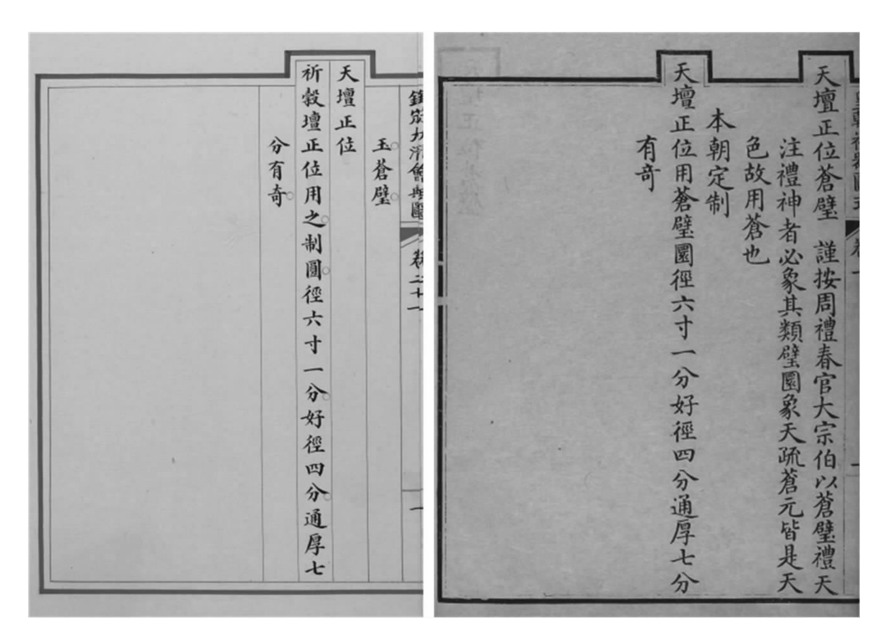
等计算机技术，针对非结构化文本提出一系列知识抽取技术[19]，但《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》均为清代编纂，语义、语法多与现代文本相异，生僻字、通假字较多，缺乏标注文本，运用已有的知识抽取方法效果较差，同时所涉文本量较小，为保证数据准确性，为后续清代档案知识抽取研究积累训练数据和测试数据，本研究采用人工方式进行知识抽取，将其以二维表形式存储，以便向 RDF 映射。知识获取是清代祭祀礼器知识图谱数据层构建的基础，其质量决定了知识表示、知识融合与知识存储的质量，以图 3 所示档案文献图像为例，可以抽取玉苍璧、天坛正位、祈谷坛正位等实体及其关系与颜色、尺寸、材质等属性及其属性值（详细信息见图 4），本研究从《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》中共抽取 415 个祭祀礼器实体、95 个地点实体、40 个档案文献实体，并根据关联关系对祭祀、人物、机构、时间实体就行补充，如根据《左传》补充其作者“左丘明”，根据“天坛正位”补充其祭祀对象“昊天上帝”等。

3.3 知识表示

清代祭祀礼器知识图谱使用 RDF 数据模型对清代祭祀礼器知识进行表示，将其表示为 < 实体，属性，属性值 > 或 < 主体，谓词，客体 >，便于机器理解，清代祭祀礼器三元组每一个实体对应一个节点，谓词对应

宋雪雁，张伟民，张祥青. 基于档案文献的清代祭祀礼器知识图谱构建研究[J]. 图书情报工作,2022,66(3):140－151.

图 2　清代祭祀礼器本体结构


天壇正位
玉 蒼璧
祈穀壇正位用之制圓徑六寸一分好徑四分通厚七
分有奇

天壇正位蒼璧 謹按周禮春官大宗伯以蒼璧禮天
注禮神者必象其類璧圓象天琮蒼元皆是天
色故用蒼也
本朝定制
天壇正位用蒼璧圓徑六寸一分好徑四分通厚七分
有奇

图 3　《钦定大清会典图》(左)与《皇朝礼器图式》(右)

知识抽取

祭器名称：玉苍璧
别称：苍璧
所属类：玉器
放置地点：天坛正位；祈谷坛正位
尺寸：径六寸一分，好径四分，通厚七分有奇
形状：圆
颜色：苍色
参考档案：《钦定大清会典图》；《皇朝礼器图式》
相关文献：《周礼·春官·大宗伯》
用途：以苍璧礼天
释义：礼神者，必象其类，璧圜象天，疏苍元皆是天色，故用苍也

图4 知识抽取

"有向边"，多个三元组集成后组成由"点—边"构成的有向图。以图4所示的知识抽取结果为例进行知识表示，根据《钦定大清会典图》和《皇朝礼器图式》分类标准，将不同地点所使用相同名称的祭器视为不同祭器，因而仅以"天坛正位"所使用"玉苍璧"为示例，结果如图5所示，涉及的"实体—实体"关联可表示为 <玉苍璧，放置地点，天坛正位>、<玉苍璧，参考文献，钦定大清会典图>等，"实体—属性"关系表示为 <玉苍璧，形状，圆>、<玉苍璧，颜色，苍色>等。

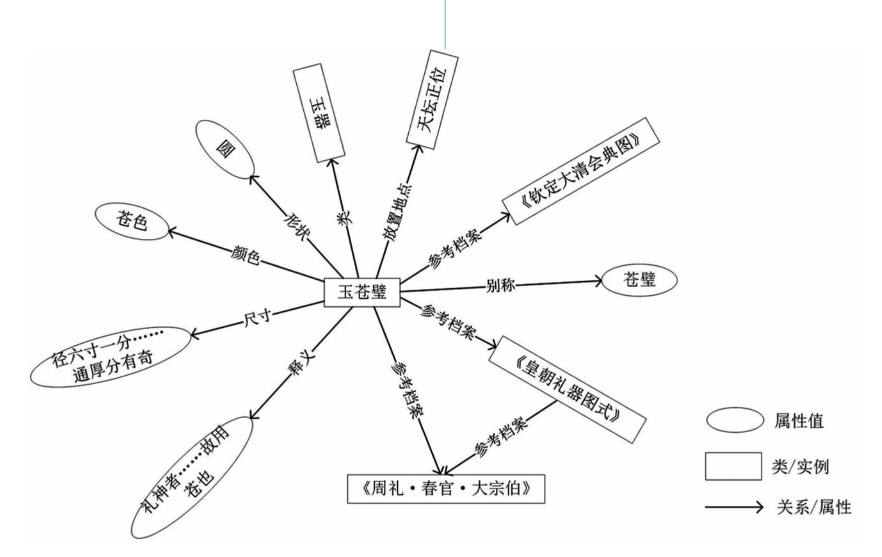


图5 知识表示示例

3.4 知识融合

多源异构的清代祭祀礼器知识的融合需要判断并整合概念的等价、层级、递进等关系，从概念层和数据层进行知识融合。概念层的知识融合是跨本体的知识融合，即本体对齐或本体匹配，将本研究中所构建的本体模型与其他本体模型中等价类、子类或属性、子属性进行融合，通过清代祭祀礼器知识图谱概念层的知识融合可以判断本研究所构本体与其他已发布本体之间的相似性，以发现更多相似的知识。数据层的融合包括清代祭祀礼器知识图谱实体与外部知识图谱的链接和清代祭祀礼器知识图谱内部实体消歧，前者通过"owl:sameAs"等逻辑词进行关联，后者则消除实体的多样性与歧义性，例如"玉苍璧"在《清代大清会典图》中称为"玉苍璧"，《皇朝礼器图式》中称为"苍璧"，现实中又存在"玉璧"称呼，同时"玉苍璧"又可用于多种场景，因此为祭器赋予唯一标识符，利用"名称""别称"等属性辅助识别，进而对实体消歧；"天坛"概念包含"圜丘坛""祈谷坛"，又具备"正位""配位""从位"等方位概念，因而通过"下位概念"属性将"天坛"与其子概念相关联。实体的链接实现了多源异构数据的关联，实体消歧促使语义检索更精准、全面。

3.5 知识存储

本研究采用基于关联开放数据（Linked Open Data，简称LOD）的RDF存储方式存储清代祭祀礼器知识图谱，具有标准化、轻量化的优点，不依赖于特定软件，只需要通过查询端点即可使用SPARQL查询语句进行检索，查询较为便捷；通过开放查询端点，可以实现对清代祭祀礼器知识图谱的跨域查询，在数据关联和知识共享方面具有优势。以存储图5所表示知识为例，具体存储内容见图6，为区分不同地点使用相同名称礼器，将实体以唯一标识符（ID）形式存储，结合URI前缀组成唯一定位该实体的URI，通过"name""otherName"属性辅助识别与查询，如示例中天坛正位使用的玉苍璧ID为"玉苍璧_01"，名称为"玉苍璧"，别称有"苍璧""玉璧"，通过这种存储方式保证了实体URI的唯一性，避免节点关系混乱，同时使后续检索应用更加准确。

宋雪雁，张伟民，张祥青. 基于档案文献的清代祭祀礼器知识图谱构建研究[J]. 图书情报工作,2022,66(3):140－151.

```
qst:玉苍璧_01
  rdf:type qst:JadeWare ;
  qst:function "以苍璧礼天" ;
  qst:materials "玉" ;
  qst:name "玉苍璧" ;
  qst:otherName "玉璧" ;
  qst:otherName "苍璧" ;
  qst:placedAt qst:天坛正位 ;
  qst:referTo <http://example.org/qst#周礼·春官·大宗伯> ;
  qst:referTo qst:皇朝礼器图式 ;
  qst:referTo qst:钦定大清会典图 ;
  qst:shape "圆" ;
  qst:size "径六寸一分，好径四分，通厚七分有奇" ;
  qst:symbol "礼神者，必象其类，璧圜象天，琮苍元皆是天色，故用苍也" ;
.
```

图 6　知识存储示例

4　清代祭祀礼器知识图谱应用

4.1　图谱可视化

可视化是清代祭祀礼器知识图谱基础应用之一，利用有向图的方式，清晰展现节点间关系以及图谱整体特征，如相同类的实体存在的父子关系、等价关系、兄弟关系，以及不同类实体之间的关联等，通过节点之间关系可以依次寻找相邻节点以便发现关联信息，比如通过“玉苍璧_01”可以发现相邻地点节点“天坛正位”，进而发现“天坛正位”所使用的全部祭祀礼器，或通过“天坛正位”寻找“天坛”父节点，探寻“天坛正位”所有兄弟节点及其关联的祭祀礼器，进而发现该天坛举行祭祀所使用的全部祭器。

知识图谱可视化方式繁多，可以通过图形数据库、Web 前端、知识图谱可视化软件、社会网络分析工具等进行图谱可视化，不同方法各有优劣，本研究采用 Web 前端方式，通过力引导布局实现知识图谱可视化(见图 7)，图中祭器、档案文献、地点和人物节点居多。其中，祭器节点 415 个；档案文献节点 40 个，地点节点 95 个；人物节点 11 个。知识图谱网络整体以“钦定大清会典图”为中心节点，祭器均与其具有直接关联，地点则多与祭器直接关联，因而 415 个祭祀礼器节点围绕“钦定大清会典图”分布在内层，其中 105 个祭祀礼器直接参考了《皇朝礼器图式》,《皇朝礼器图式》又参考其他档案文献如《孟子》《三礼图》《左传》等，因而部分祭祀礼器与档案文献节点围绕“皇朝礼器图式”节点呈现小范围的聚集，地点节点则围绕祭祀礼器分布在中外层。

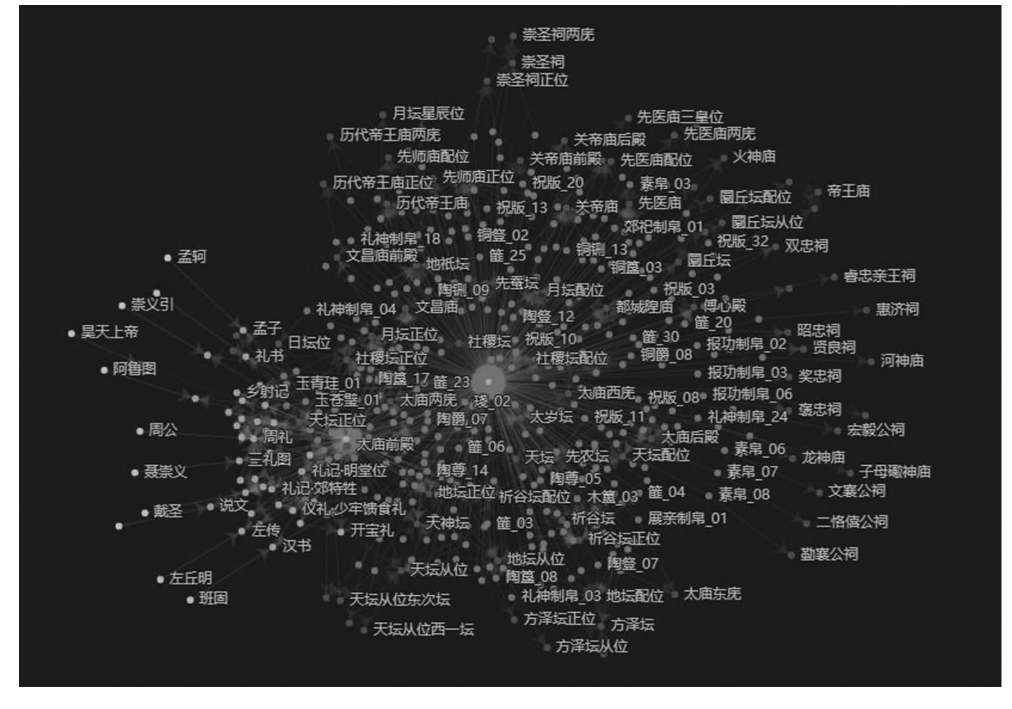


图 7　知识图谱可视化界面

通过知识图谱可视化，清晰的呈现了清代祭祀礼器的知识结构特征及其与背景文献的关联，一方面，对于清代祭祀礼器利用者，可以快速了解清代祭祀礼器的知识关联，同时为其寻找清代祭祀礼器尺寸、形制等数据的依据提供便利，使用户对所需祭祀礼器具有更深入的认识；另一方面，对于相关档案利用者，可以快速获取和了解档案文献整体内容，同时可以快速定位和获取其中某个知识点。在利用者没有明确浏览目的时，清代祭祀礼器知识网络能给予启发，获取意料之外的信息。与其他可视化方式相比，使用 Web 前端更易于进行二次开发，清代祭祀礼器知识图谱主体、谓词、客体多基于 URI，而 Web 作为访问 URI 常用方式，具有

数据互联、互通优势，因而基于 Web 前端的清代祭祀礼器知识图谱可视化可以为后期利用研究提供便利；同时由于网页具有传播迅速、传播范围广、使用便利等优点，本文研究结果还可以促进清代祭祀礼器知识图谱成果的传播，提高清代档案文献影响力与利用效率。

4.2　图谱检索

检索是清代祭祀礼器知识图谱的另一项应用，根据知识图谱存储方式不同，检索方式各有异同，比如关系数据库存储模式使用结构化查询语言（SQL），Neo4j 图数据库使用 Cypher 查询语言等，本研究以 RDF 存储清代祭祀礼器知识图谱，因而采用 SPARQL 查询语言进行检索。

与知识图谱可视化相比，清代祭祀礼器知识图谱检索可以更准确、快捷地寻找所需节点、属性及关系，比如在已知节点“玉苍璧_01”的前提下，欲查找其放置地点以及该地点放置所有相关祭祀礼器，可在查询端点通过图 8 所示查询语句进行检索，检索结果如图 9 所示，包含玉苍璧在内共十条检索结果，可以看出该节点所示礼器放置于天坛正位，同放置于天坛正位的还有篚、匏爵等，通过二维表的形式，清晰的展示了所需节点。

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX qst: <http://example.org/qst#>

SELECT ?thing ?placeName ?relateThing
WHERE {
  ?thing qst:placedAt ?placeName .
  FILTER (?thing = qst:玉苍璧_01)
  ?relateThing qst:placedAt ?placeName
}
```

图 8　SPARQL 查询

Showing 1 to 10 of 10 entries　　Search: 　Show 50 entries

	thing	placeName	relateThing
1	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:玉苍璧_01
2	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:篚_01
3	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:匏爵_01
4	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:陶尊_01
5	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:陶登_01
6	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:陶簠_01
7	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:陶簋_01
8	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:竹笾_01
9	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:陶豆_01
10	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	qst:俎_01

Showing 1 to 10 of 10 entries

图 9　SPARQL 查询结果

4.3　知识发现

利用上述检索功能，不仅可以快速检索关联节点，还可以发现知识关联下的隐含信息，本研究以祭祀礼器“颜色”属性为例，探究祭祀礼器使用地点与祭祀礼器颜色之间的关联。

4.3.1　检索式设计

知识发现首先根据不同地点设计通用检索式，天坛在清代祭祀礼器知识图谱中，概念层级较多，因此以天坛为例设计通用检索式。天坛是圜丘坛与祈谷坛的总称，而《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》中，对圜丘坛、祈谷坛与天坛没有明确划分，比如《钦定大清会典图》中记载，“玉苍璧”放置地点有“天坛正位”和“祈谷坛正位”，概念上存在交叉，但所指祭祀礼器属性完全一致，因此本研究不对概念区分作详细讨论，认为天坛具有“圜丘坛”“祈谷坛”“天坛正位”“天坛从位”“天坛配位”等子概念，而“天坛从位”“圜丘坛”“祈谷坛”同样具备诸多子概念，因而通用检索式设为可检索三级概念，即“concept → sub-concept → sub-sub-concept”三级，以保证检索式的查全率，检索式见图 10。

4.3.2　检索结果讨论

通过图 10 通用检索式分别对天坛、日坛、月坛、社稷坛等地点进行检索，检索结果显示，同一祭祀地点多数祭祀礼器颜色相同，天坛为青色，日坛为红色，月坛为白色，社稷坛为黄色，可见，祭祀礼器颜色与祭祀地点存在某种直接或间接的联系。

本研究以天坛为例，分析祭祀礼器颜色与祭祀地点之间的关联，利用通用检索式检索结果见表 4，表中可以看出，在《钦定大清会典图》和《皇朝礼器图式》具有颜色描述的祭祀礼器中，放置于天坛的礼器多为青色或苍色，仅有“奉先制帛”与“礼神制帛”颜色不同，仅从地点上看，无论是天坛还是其子概念圜丘坛、祈谷坛，无法与祭祀礼器颜色关联，因而需要寻找与地点、祭祀礼器关联的类——祭祀和人物。从关联类上看，天坛所举行的祭祀多为祭天大祀，以祭祀“昊天上帝”

宋雪雁，张伟民，张祥青.基于档案文献的清代祭祀礼器知识图谱构建研究[J].图书情报工作,2022,66(3):140－151.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX qst: <http://example.org/qst#>

SELECT ?thing ?place ?color
WHERE {
  {?thing qst:placedAt ?placeName .}
  UNION {?thing qst:placedAt [ qst:subConceptOf ?placeName]}
  UNION {?thing qst:placedAt [ qst:subConceptOf [ qst:subConceptOf ?placeName]]}
  OPTIONAL {?thing qst:color ?color .}
  ?thing qst:placedAt ?place.
  FILTER (?placeName = qst:天坛)
}
```

图 10　通用检索式

为主，而郑玄、贾公彦在《周礼注疏》中注："礼神者，必象其类……而天用玄者，苍玄皆是天色，故用苍也。"[20]，礼"天"则需要按"天"的颜色即青色，同理，日坛祭祀太阳"大明之神"，用红色；月坛祭祀月亮与诸天星辰，用白色；社稷坛祭祀土地神与五谷神，用黄色。天坛祭祀礼器中"奉先制帛"，放置于配位，而配位所祭一般为皇帝先祖，中国古代观念中白色代表了肃穆，用以敬畏逝者，因而"奉先制帛"用白色；同理，"礼神制帛"放置从位，用以祭祀各神祇，如掌管太阳的大明之神，掌管月亮的夜明之神，北斗七星、五星、二十八星宿、周天星辰以及掌管降水的雷师、风伯、雨师、云师，同时"青赤黄白黑"五色在古代也象征阴阳五行[21]，五行相生视为吉祥，因而同时用五色祭祀诸天神祇。因此，通过 SPARQL 检索，发现了祭祀礼器颜色属性与放置地点有间接关联，结合祭祀与祭祀对象，探寻不同颜色代表的不同含义，将原本不相关的知识联系起来，实现了清代祭祀礼器知识图谱的知识发现功能。

表 4　天坛放置的祭祀礼器检索结果

序号	祭祀礼器	放置地点	颜色	序号	祭祀礼器	放置地点	颜色
1	qst:玉苍璧_01	qst:天坛正位	"苍色"	32	qst:俎_04	qst:天坛从位西一坛	"青"
2	qst:篚_01	qst:天坛正位	"青"	33	qst:俎_03	qst:天坛从位东一坛	"青"
3	qst:匏爵_01	qst:天坛正位		34	qst:陶铏_02	qst:天坛从位西次坛	"青"
4	qst:陶尊_01	qst:天坛正位	"青"	35	qst:实太牢之俎_21	qst:天坛从位西次坛	"青"
5	qst:陶登_01	qst:天坛正位	"青"	36	qst:陶铏_01	qst:天坛从位东次坛	"青"
6	qst:陶簠_01	qst:天坛正位	"青"	37	qst:实太牢之俎_20	qst:天坛从位东次坛	"青"
7	qst:陶簋_01	qst:天坛正位	"青"	38	qst:奉先制帛_02	qst:祈谷坛配位	"白"
8	qst:竹笾_01	qst:天坛正位	"青"	39	qst:篚_06	qst:祈谷坛配位	"青"
9	qst:陶豆_01	qst:天坛正位	"青"	40	qst:匏爵_04	qst:祈谷坛配位	
10	qst:俎_01	qst:天坛正位	"青"	41	qst:陶尊_05	qst:祈谷坛配位	"青"
11	qst:篚_03	qst:天坛从位		42	qst:陶登_16	qst:祈谷坛配位	"青"
12	qst:陶爵_01	qst:天坛从位	"青"	43	qst:陶簠_16	qst:祈谷坛配位	"青"
13	qst:琖_01	qst:天坛从位	"青"	44	qst:陶簋_16	qst:祈谷坛配位	"青"
14	qst:陶尊_03	qst:天坛从位	"青"	45	qst:竹笾_19	qst:祈谷坛配位	"青"
15	qst:陶登_03	qst:天坛从位	"青"	46	qst:陶豆_16	qst:祈谷坛配位	"青"
16	qst:陶簠_03	qst:天坛从位	"青"	47	qst:俎_06	qst:祈谷坛配位	"青"
17	qst:陶簋_03	qst:天坛从位	"青"	48	qst:玉苍璧_02	qst:祈谷坛正位	"苍色"
18	qst:竹笾_03	qst:天坛从位	"青"	49	qst:告祀制帛_01	qst:祈谷坛正位	"青"
19	qst:陶豆_03	qst:天坛从位	"青"	50	qst:篚_04	qst:祈谷坛正位	
20	qst:祝版_05	qst:祈谷坛	"纯青纸,朱笔书"	51	qst:匏爵_03	qst:祈谷坛正位	
21	qst:祝版_01	qst:圜丘坛	"纯青纸,朱笔书"	52	qst:陶尊_04	qst:祈谷坛正位	"青"
22	qst:祝版_03	qst:圜丘坛	"纯青纸,朱笔书"	53	qst:陶登_04	qst:祈谷坛正位	"青"
23	qst:篚_02	qst:天坛配位		54	qst:陶簠_04	qst:祈谷坛正位	"青"
24	qst:匏爵_02	qst:天坛配位		55	qst:陶簋_04	qst:祈谷坛正位	"青"
25	qst:陶尊_02	qst:天坛配位	"青"	56	qst:竹笾_04	qst:祈谷坛正位	"青"
26	qst:陶登_02	qst:天坛配位	"青"	57	qst:陶豆_04	qst:祈谷坛正位	"青"
27	qst:陶簠_02	qst:天坛配位	"青"	58	qst:俎_05	qst:祈谷坛正位	"青"
28	qst:陶簋_02	qst:天坛配位	"青"	59	qst:奉先制帛_01	qst:圜丘坛配位	"白"
29	qst:竹笾_02	qst:天坛配位	"青"	60	qst:礼神制帛_02	qst:圜丘坛从位	"兼用青赤黄白黑"
30	qst:陶豆_02	qst:天坛配位	"青"	61	qst:郊祀制帛_01	qst:圜丘坛正位	"青"
31	qst:俎_02	qst:天坛配位	"青"				

5 结论

知识图谱作为数字人文领域研究热点之一,具有语义化、知识化特点,本研究梳理了《钦定大清会典图》、《皇朝礼器图式》中与祭祀礼器相关知识,通过知识建模、知识获取、知识表示、知识融合、知识存储等方法,构建了清代祭祀礼器知识图谱,并利用 Web 前端技术将知识图谱可视化,清晰展现了清代祭祀礼器知识网络,同时创建知识图谱查询端点,使用 SPARQL 查询语言进行检索,通过设计检索式,分析清代祭祀礼器颜色与地点之间的联系,剖析清代祭祀礼器颜色背后文化含义,探索清代祭祀礼器之间隐含的知识关联。

基于关联数据的知识图谱具有良好的可拓展性,本研究构建的清代祭祀礼器知识图谱具有纵向与横向的适用性与包容性。纵向上,不同朝代、同一朝代不同统治时期文献记载的祭祀礼器均可复用该本体,并与之进行时间关联,构成数据规模更加庞大的知识图谱;横向上,可以拓展该本体类、属性和关系,应用于文献记载的军礼、宾礼等其他礼仪,或乐器、兵器等其他器物,比如清代中和韶乐所用"麾"可以复用纹饰、尺寸、功用属性,"镈钟"可以增加"铭文"属性。

本研究所构建清代祭祀礼器知识图谱在实例数量、图谱构建技术等方面还存在一定的局限性:《钦定大清会典图》与《皇朝礼器图式》记载祭祀相关内容有限,以祭祀礼器和地点为主,人物、祭祀等其他描述相对较少,相关实体数量较为缺乏;本研究中知识建模、知识获取等方法多采用人工方式,准确性较高但开发效率较低。本研究在后续工作中将优化知识图谱构建流程,在横向和纵向上拓展知识图谱内容,真正实现跨域知识关联。

总体而言,本研究基于清代档案文献构建了清代祭祀礼器知识图谱,提出可扩展于不同朝代、不同器物的本体模型,为后续构建完整的祭祀礼器或清代礼器知识图谱提供基础;通过清代祭祀礼器知识图谱,为学者探究清代祭祀礼器提供便利,从而支持数字学术;同时以清代祭祀礼器为中介,在一定程度上实现各类文献资源聚合;在一定程度上降低了专业性文献的利用难度,扩大用户群体,减少交叉领域学者进入壁垒;丰富了清代档案文献资源数字化开发成果。

参考文献:

[1] 陈涛,刘炜,单蓉蓉,等. 知识图谱在数字人文中的应用研究[J]. 中国图书馆学报,2019,45(6):34-49.
[2] 曹倩,赵一鸣. 知识图谱的技术实现流程及相关应用[J]. 情报理论与实践,2015,38(12):127-132.
[3] 袁满,褚冰,陈萍. 知识图谱构建中的语义标准问题研究[J]. 情报理论与实践,2020,43(3):131-137.
[4] 朱妍昕,徐维,王霞,等. 基于 FAIR 原则的循证医学文献本体构建——以哮喘药物治疗文献本体为例[J/OL]. 情报理论与实践:1-12[2021-09-05]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1762.G3.20210819.1201.002.html.
[5] 何琳,陈雅玲,孙珂迪. 面向先秦典籍的知识本体构建技术研究[J]. 图书情报工作,2020,64(7):13-19.
[6] 李跃艳,王昊,孟镇,等. 基于关联数据的汉语文本语义化描述和展示[J]. 情报理论与实践,2021,44(6):171-179.
[7] 欧阳剑,梁珠芳,任树怀. 大规模中国历代存世典籍知识图谱构建研究[J]. 图书情报工作 2021,65(5):126-135.
[8] 周莉娜,洪亮,高子阳. 唐诗知识图谱的构建及其智能知识服务设计[J]. 图书情报工作,2019,63(2):24-33.
[9] WEI Y T, WANG H Z, ZHAO J Q, et al. GeLaiGeLai: A visual platform for analysis of classical Chinese poetry based on knowledge graph[C]// 2020 IEEE international conference on knowledge graph. Nanjing:IEEE, 2020: 513-520.
[10] 丁恒,陆伟. 标准文献知识服务系统设计与实现[J]. 现代图书情报技术,2016(Z1):120-128.
[11] LIU S, YANG H, LI J Y, et al. Preliminary study on the knowledge graph construction of Chinese ancient history and culture[J]. Information,2020,11(4):186. DOI:10.3390/info11040186.
[12] 陈涛,张永娟,单蓉蓉,等. 数字人文图像资源语义化建设框架研究[J]. 数字人文,2020(2):106-115.
[13] 张永娟,刘炜,于建荣,等. 基于 IIIF 和语义知识图谱的印章资源整合与知识发现研究[J]. 图书情报工作,2020,64(7):127-135.
[14] 张珂. 乾隆朝乐队编制:分隔交融的满汉礼乐观[D]. 武汉:武汉音乐学院,2018.
[15] 杨柳粤. 清代瓷质祭礼器研究[D]. 景德镇:景德镇陶瓷大学,2020.
[16] 高纪洋. 中国古代器皿造型样式研究[D]. 苏州:苏州大学,2012.
[17] 房秋实. 清代祭祀制度的礼法规制研究[J]. 兰台世界,2015(24):38-39.
[18] JIANG X L. Did the imperially commissioned Manchu rites for Sacrifices to the spirits and to heaven standardize Manchu Shamanism[J]. Religions,2018,9(12):400.
[19] 任飞亮,沈继坤,孙宾宾,等. 从文本中构建领域本体技术综述[J]. 计算机学报,2019,42(3):654-676.
[20] 郑玄,贾公彦,黄侃. 周礼注疏[M]. 上海:上海古籍出版社,1990.
[21] 戴子喻. "五色"与"五行-五色"[D]. 北京:中国艺术研究院,2018.

作者贡献说明:

宋雪雁:确定选题,提出研究思路与框架,修改论文;
张伟民:数据收集与分析,撰写论文,修改论文;
张祥青:研究讨论,修改论文。

Research on the Construction of Knowledge Graph of Sacrificial Vessels in Qing Dynasty Based on Archival Documents

Song Xueyan　Zhang Weimin　Zhang Xiangqing
School of Management, Jilin University, Changchun 130022

Abstract: [**Purpose/significance**] Chinese sacrificial culture has a long history, which can be traced back to the pre-Qin era, and sacrificial vessels are responsible for the beliefs of the sacrificial participants. Based on *the Imperial Assembly Graph of Qing Dynasty* and *the Ritual Vessel Schema of the Imperial Dynasty*, this paper builds a knowledge graph of sacrificial vessels of the Qing Dynasty which promotes the digital development process of archival documents in Qing Dynasty and solves the situation of dispersing and difficultly utilizing of archival documents related to sacrificing in the Qing Dynasty. [**Method/process**] In this paper, the knowledge graph related method was adopted to construct the ontology model of sacrificial vessels of the Qing Dynasty through knowledge modeling. The entities, attributes and relationships in *the Imperial Assembly Graph of Qing Dynasty* and *the Ritual Vessel Schema of the Imperial Dynasty* were sorted out and extracted by knowledge acquisition. RDF triples were used for knowledge representation of sacrificial vessel knowledge in Qing Dynasty and knowledge fusion of sacrificial vessel knowledge from different sources in Qing Dynasty was carried out. Finally, knowledge of sacrificial rituals in Qing Dynasty was stored by RDF data model, and the knowledge graph of Qing Dynasty sacrificial vessels was constructed and this paper discovered knowledge by retrieving the knowledge graph. [**Result/conclusion**] It is found that the knowledge association of sacrificial vessels in Qing Dynasty can be clearly presented through the visualization of knowledge graph. Query with SPARQL can find that the color of sacrificial vessels in Qing Dynasty had a specific meaning, which indirectly related to the sacrificial places.

Keywords: Qing Dynasty　sacrificial vessels　knowledge graph　archival documents